



(15)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 07057089 A
 (43) Date of publication of application: 03.03.1995

(51) Int. Cl. G06T 7/00
 G06F 17/50

(21) Application number: 05200585
 (22) Date of filing: 12.08.1993

(71) Applicant: TOSHIBA CORP
 (72) Inventor: WADA TAKASHI
 SUZUKI KAORU
 NAKAMURA TATSURO

(54) SHAPE RESTORING DEVICE

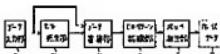
(57) Abstract:

PURPOSE: To eliminate the constraint of the measuring order of a three-dimensional coordinate value and to obtain surface shape data also for a complicated shape object with high accuracy by making the three-dimensional coordinate value obtained by observing an object to be measured correspond to each voxel data when a geometric phasa relation is known.

CONSTITUTION: A data storage part 3 performs the correspondence between the range data inputted in a data input part 1 and the voxel data prepared in a cell generation part 2, determines the average of the coordinate values plus/minus number of the range data which

is made to correspond to voxel data and defines the range data having the value as a new range data corresponding to voxel data. A cell pattern recognition part 4 determines the relation decided by depending on whether each voxel data is made to correspond to range data or not between eight adjacent voxel data. A patch generation part 5 generates a triangle patch based on the phase geometric relation between eight adjacent voxel data determined by the recognition part 4.

COPYRIGHT: (C)1995,JPO



(10)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-57089

(43)公開日 平成7年(1995)3月3日

(51)Int.Cl. G 0 6 T 7/00 G 0 6 F 17/50	類別記号	序内整理番号	P I	技術表示箇所
		9287-5L 7623-5L	G 0 6 P 15/ 62 15/ 60	4 1 6 4 0 0 A

審査請求 未請求 審査請求の数 8 O L (全 12 頁)

(21)出願番号	特願平5-200566	(71)出願人	000003078 株式会社東芝 神奈川県川崎市幸区根岸町72番地
(22)出願日	平成5年(1993)8月12日	(72)発明者	稻田 雄 大阪府大阪市北区大淀中1丁目1番30号
		(72)発明者	株式会社東芝関西支社内
		(72)発明者	鈴木 薫 大阪府大阪市北区大淀中1丁目1番30号
		(72)発明者	株式会社東芝関西支社内
		(72)発明者	中村 達郎 大阪府大阪市北区大淀中1丁目1番30号
		(74)代理人	株式会社東芝 代理士 前田 康祐

(54)【発明の名称】 形状復元装置

(57)【要約】

【目的】 3次元CADやコンピュータグラフィックスにおいて、複雑な形状の被測定物体に対して表面形状データが高精度で得られ、3次元座標値の測定方法に制限の無い形状復元装置を提供すること。

【構成】 被測定物体を観測して得られた表面3次元座標値を格子状に空間を分割して得られた各ボクセルデータに対し対応付けを行ない、各ボクセルデータに対応付けした表面3次元座標値から1つのレンジデータを求め、空間的に隣接する所定数のボクセルデータ間の位相係数の間隔を求ることにより、三角パッチとしての形状データを決定する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 被測定物体の表面形状の3次元座標値を入力するためのデータ入力部と、このデータ入力部より入力された全ての3次元座標値を完全に囲う空間を格子状に分割したボクセルデータを作成するセル発生部と、このセル発生部により作成された各ボクセルデータに対し該当する前記3次元座標値を用いて夫々1個のレンジデータを求めるデータ蓄積部と、3次元的に瞬換した所定数のボクセルデータ毎に夫々のレンジデータに従って位相幾何学的関係を求めるセルバターン認識部と、このセルバターン認識部により求められた位相幾何学的関係に従って前記所定数のボクセルデータ毎に三角バッヂを作成し、この三角バッヂ群に対して前記所定数のボクセルデータ同士の隣接面上に位置する不要な三角バッヂを削除して形狀データとするバッヂ発生部とを構成したこととを特徴とする形状復元装置。

【請求項2】 セル発生部は、入力された3次元座標値からX軸方向、Y軸方向、Z軸方向夫々について最大値及び最小値を求め、これら8点を頂点とする空間に對しX軸方向、Y軸方向、Z軸方向夫々について所定数で分割することによりボクセルデータを作成するものである請求項1記載の形状復元装置。

【請求項3】 データ蓄積部は、ボクセルデータに3次元座標値が1個含まれる場合はこれを対応するレンジデータとし、ボクセルデータに3次元座標値が複数個含まれる場合はこの平均座標値を対応するレンジデータとし、ボクセルデータに3次元座標値が含まれない場合は対応するレンジデータが無いものとする請求項1記載の形状復元装置。

【請求項4】 データ蓄積部は、ボクセルデータにレンジデータが対応付けられている場合は当該ボクセルデータの属性値を1とし、ボクセルデータにレンジデータが対応付けられていない場合は当該ボクセルデータの属性値を0とするものである請求項3記載の形状復元装置。

【請求項5】 セルバターン認識部は、隣接する8個のボクセルデータから成る論理的六面体毎に各ボクセルデータの属性値の組合せに従ってバターン照合するものである請求項4記載の形状復元装置。

【請求項6】 バッヂ発生部は、前記論理的六面体において属性値が1のボクセルデータの数が3以上の場合に、属性値が1の各ボクセルデータ間で隣接した多面体を構成するように当該ボクセルデータのレンジデータを頂点とした三角バッヂを生成するものである請求項5記載の形状復元装置。

【請求項7】 バッヂ発生部は、前記論理的六面体同士で三角バッヂを境界として且つ当該三角バッヂが前記論理的六面体内の他の三角バッヂにより隣れる場合に当該三角バッヂを削除し、或いは前記論理的六面体同士で夫々の三角バッヂを重複した境界として隣接する場合に一方の三角バッヂを削除するものである請求項6記載の形

状復元装置。

【請求項8】 被測定物体の表面形状の3次元座標値を入力するためのデータ入力部と、このデータ入力部より入力された全ての3次元座標値を完全に囲う空間を格子状に分割したボクセルデータを作成するセル発生部と、このセル発生部により作成された各ボクセルデータに対し該当する前記3次元座標値を用いて夫々1個のレンジデータを求めるデータ蓄積部と、3次元的に瞬換した所定数のボクセルデータ毎に夫々のレンジデータに従って位相幾何学的関係を求めるセルバターン認識部と、このセルバターン認識部により求められた位相幾何学的関係に従って前記所定数のボクセルデータ毎に三角バッヂを作成し、全ての三角バッヂ群において所定の三角バッヂの各辺に對して1辺を共有すると共に向きが同調した三角バッヂを1個ずつ連結し、連結先の三角バッヂの未連結の辺に對して同様の連結処理を繰り返すことにより、各辺が未連結の三角バッヂを除去するバッヂ発生部とを構成したことを特徴とする形状復元装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、被測定物体を観測して得られた表面3次元座標値から表面形状を復元するための形状データを得る形状復元装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、工業部品などの設計を支援するための3次元CADや、コンピュータグラフィックスを用いた映像作成のニーズが急速に高まっている。これらの技術においては、設計、または、コンピュータグラフィックス表示を行なう対象の幾何形状、表面属性、及び動きのデータを計算機に入力することが必要である。(この過程をモデリングと呼び、計算機内部に表現された数値データをモデルと呼ぶ。)この部分は、現在人間が多く労力を費やして行なっており、自動化が強く望まれている。

【0003】 最近、3次元CADへの適用のために、レンジファインダと呼ばれる距離測定装置を用いて、表示した対象の形状の自動入力を行なうシステムが提案されている。レンジファインダは、対象物体の離散的な表面3次元座標値だけしか測定することができないので、形状の復元を行なうには表面3次元座標値間に幾何的位置情報を加えて面を発生させなければならない。このよう

に作成された数値データを形状モデルと呼ぶ。現在提案されている手法は、測定順序を基にして表面3次元座標値間に幾何的な順序づけを行い、既向の位相関係を得ていて、図22はレンジファインダを用いた從来手法の概略を示すものである。被測定物体51は回転台52上に置かれており、レンジファインダ49にに対する向きを回転台52を回転することにより任意に変えることができる。レンジファインダ49は、回転台52の回転軸方向に向いており、設定位置を固定してある。レンジファイ

ンダ49による測定は、被測定物体50のある向きに対して投影像51のように横方向に対しても1点並み行なわれる。この測定を、回転台52をムラずつ回転させて360°／ムラ回転行なう。この操作にて測定される表面3次元座標間にには、縦方向とθ方向の2次元空間において幾何的位置関係が付加されることになり、この情報を基にして被測定物体50の形状復元は容易になる。しかし、レンジファインダ49は常に回転台52の回転軸方向を向いており、被測定物体50自身が影になってしまってレンジファインダ49から測定できないオクルージョン領域が発生してしまう。例えば被測定物体が入形である場合、その底によって隠れた領域がオクルージョン領域となる。このとき、人形を回転台上で回転させることにより腕の表面の3次元座標値（非オクルージョン領域）と腕の下のオクルージョン領域を測定することは可能であるが、これらをどの様に関係付けて形状復元データとするかが非常に難しいという欠点が有った。よって、この手法で測定できる物体は、被測定物体50自身によりオクルージョン領域が発生しないような単純な形状に限定される。また、横方向からの測定だけではなくてデータが得られない被測定物体50の上方向、下方向の測定を、被測定物体50を置き換えることにより行なうと、横方向、上方、下方の各方向に対するデータ間の幾何的位相関係を求めるのは非常に難しい問題である。

【0004】更に、サイエンティフィック・ビューライゼーションの分野において、計測データや計算結果データなどのボリュームデータを可視化するマーチングキューブ法（以下、MC法と呼ぶ。）が知られている。MC法は、ボリュームデータから等価面を抽出し、等価面を三角パッチ群で近似構成する手法である。例えば医用画像分野において人体の断層像を所定範囲で複数枚撮像した場合、隣接する画像間で共通部に従って等価面を抽出するものである。ここで、レンジファインダにより得られた対象物体上の表面3次元座標値に対してこの手法を用いると、データ間に幾何的位置関係が未知であっても表示可能な形状データを得ることができる。しかし、等価面を三角パッチ群で近似構成する際に三角パッチの各頂点の位置を補間によう決定しているため、必ずしも、測定した表面3次元座標値を通る三角パッチが生成されるとは限らない。よって、レンジファインダから得られた高精度の表面3次元座標値が、復元された形状データに忠実に反映されない。この事は、精度が重要なCAD分野にとては深刻な問題である。また、コンピュータグラフィックス分野においても、対象物体の形状ができるだけ忠実に復元されることが望ましい。

【0005】上記の理由により、従来提案されている手法は、3次元CADやコンピュータグラフィックスのための形状モデルを自動作成する目的には未だ不十分だと考えられる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】以上述べた様に従来の形状復元装置において、レンジファインダを用いた場合は被測定物体が単純な形状のものに限定されてしまい、MC法を用いた場合は高精度の表面形状データが得られないため、各々にしても3次元CAD等のための形状モデルを自動作成するには不十分であった。

【0007】本発明の目的は、3次元CADやコンピュータグラフィックスにおいて、複雑な形状の被測定物体に対しても表面形状データを高精度に復元すると共に表面3次元座標値の測定方法に制限の無い形状復元装置を提供することになる。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は、被測定物体の表面形状の3次元座標値を入力するためのデータ入力部と、このデータ入力部より入力された全ての3次元座標値を完全に隠す空間を格子状に分割したボクセルデータを作成するセル発生部と、このセル発生部により作成された各ボクセルデータに対し該当する前記3次元座標値を用いて矢印1個のレンジデータを求めるデータ蓄積部と、3次元的に隠す所定数のボクセルデータ毎に夫々のレンジデータに従って位相関何学的関係を求めるセルパターン認識部と、このセルパターン認識部により求められた位相関何学的関係に従って前記所定数のボクセルデータ毎に三角パッチを作成しこの三角パッチ群に対して前記所定数のボクセルデータ同士の隣接面上に位置する不要な三角パッチを除去して形状データとするパッチ発生部とを具備したことを特徴とするものである。

【0009】

【作用】本発明においては、被測定物体を観測して得られた表面3次元座標値から表面形状を復元するものであって、表面3次元座標値を格子状に空間を分割して得られた各ボクセルデータに対して対応付けを行ない、各ボクセルデータに対応付けした表面3次元座標値が1つのレンジデータを求める。空間的に隣接する所定数のボクセルデータ間の位相関何学的関係を夫々のレンジデータから求める事により三角パッチとしての形状データを決定する。つまり本発明では、表面3次元座標値を入力するときの測定方法の順序付けが必要無いと共に、表面3次元座標値間に幾何的位置関係が未知であっても、幾何的位置関係が既知であるボクセルデータに対して表面3次元座標値を対応づけることにより、形状の復元が容易にできる。さらに、ボクセルデータの大きさを変えることによって、測定結果の表面3次元座標値を忠実に反映した高解像度形状データからデータ量が少ない低解像度形状データまで、所望の形状データを作成できる。

【0010】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面を用いて説明する。図1は本発明の実施例の概要構成を示す図、図2は本発明の実施例の処理内容を説明する図、図3は本発明の実施例の処理フローチャートである。

【0011】図1及び図3において、データ入力部1は被測定物体を観測することにより得られたレンジデータを入力する(ステップ101)。セル発生部2はデータ入力部1で入力されたレンジデータを完全に覆うような空間をボクセル分割法で等分割して得られたボクセルデータを作成する(ステップ102)。データ蓄積部3はデータ入力部1で入力されたレンジデータとセル発生部2で作成されたボクセルデータ間の対応づけを行ない、ボクセルデータに対応づけされた複数個のレンジデータの座標値の平均を求める、その値を持つレンジデータを新たにボクセルデータに対応する1個のレンジデータとする(ステップ103、104)。セルバターン認識部4は各ボクセルデータがレンジデータと対応づかなければならぬか否かにより判定される関係を8個の隣接するボクセルデータ間にについて求める(ステップ105)。バッチ発生部5はセルバターン認識部4で求められた8個の隣接ボクセルデータ間の位相関係学問に基づき三角バッチを発生する(ステップ106)。形状データ6はすべてのボクセルデータについてバッチ発生部5の処理を行なった結果として三角バッチ群である(ステップ107)。

【0012】図2において、7は測定物体を観測して得られた観測レンジデータ、8は観測レンジデータ7を完全に覆うような空間をボクセル分割法で等分割することにより得られたボクセルデータ、9は処理結果として得られる三角バッチデータである。観測レンジデータ7からボクセルデータ8を作成することにより、観測レンジデータ7に幾何的な位相関係を持たすことができ、単純な処理によりCG表示可能な三角バッチデータ9を作成できるようになっている。

【0013】以下、図19各種成形について詳細に説明する。データ入力部1は、図4に示すように被測定物体13の表面上において未観測部分が無いように、レンジファインダー10、11、12で複数方向から観測されて得られた観測レンジデータ14が入力される。

【0014】図5は、セル発生部2で行なわれる処理の概略を示すものである。セル発生部2では、データ入力部1で入力された観測レンジデータ15の全ての座標値を参照してx軸方向、y軸方向、z軸方向それぞれについて最小値(x min, y min, z min)、最大値(x max, y max, z max)を求める。そして、

P0(x min, y min, z min), P1(x min, y min, z max)

P2(x min, y max, z min), P3(x min, y max, z max)

* P4(x max, y min, z min), P5(x max, y min, z max)
P6(x max, y max, z min), P7(x max, y max, z max)

の8点を頂点とする空間に対してボクセル分割法を適用する。x軸方向、y軸方向、z軸方向それぞれについて分割数を1、m、n個とユーザーが指定を行なうと、V(0, 0, 0), V(0, 0, 1), ..., V(1-1, m-1, n-1)の1×m×n個のボクセルデータを生成する。

【0015】図6はデータ蓄積部3で行なわれる処理を簡単に示したものである。セル発生部2で生成されたボクセルデータのうちx軸方向、y軸方向、z軸方向それぞれについてi番目、j番目、k番目のボクセルデータV(i, j, k)について行なわれる処理について以下説明する(ただし、0 ≤ i ≤ 1-1, 0 ≤ j ≤ m-1, 0 ≤ k ≤ n-1)。図6(a)はボクセルデータV(i, j, k)とボクセルデータV(i, j, k)の内部及び周辺に存在するデータ入力部1において入力された観測レンジデータ20を示している。データ蓄積部3は図6(a)に示すようにボクセルデータV(i, j, k)の内部に観測レンジデータ20が存在する場合、図6(b)に示すようにその内部レンジデータ21をボクセルデータV(i, j, k)に対応づける。もしも、ボクセルデータV(i, j, k)の内部に存在する内部レンジデータ21が1個も存在しない場合は、ボクセルデータV(i, j, k)には内部レンジデータ21の対応づけは行なわれない。図6(b)に示すようにボクセルデータV(i, j, k)に複数個の内部レンジデータ21が対応づけられた場合、その複数個の内部レンジデータ21間で座標値の平均を求め、その求めた平均座標値を持つ1個の平均レンジデータ22を図6(c)に示すようにボクセルデータV(i, j, k)に対応づける。図6に示すような処理をボクセルデータV(0, 0, 0), V(0, 0, 1), ..., V(1-1, m-1, n-1)について同様に行なう。ここで、ボクセルデータに平均レンジデータ22が対応づけられている場合にはそのボクセルデータの属性値を1に、対応づけされていない場合にはそのボクセルデータの属性値を0とする。

【0016】次に、セルバターン認識部4で行なう処理について説明する。図7は、ボクセルデータ間の関係が求められる8箇の隣接するボクセルデータを論理的に示したものである。図7に示したボクセルデータV0, ..., V7は、

$$\begin{aligned} V0(p, q, r) &= V(p, q, r) \\ V1(p, q, r) &= V(p, q, r+1) \\ V2(p, q, r) &= V(p, q+1, r) \\ V3(p, q, r) &= V(p, q+1, r+1) \\ V4(p, q, r) &= V(p+1, q, r) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V5(p, q, r) &= V(p+1, q, r+1) \\ V6(p, q, r) &= V(p+1, q+1, r) \\ V7(p, q, r) &= V(p+1, q+1, r+1) \end{aligned}$$

を示す(ただし、 $0 \leq p \leq 1-2, 0 \leq q \leq m-2, 0$

$\leq r \leq n-2$)。また、ボクセルデータ群 $V0, \dots, V7$ をボクセルデータ群 $VG(p, q, r)$ で表すことに

する。ボクセルデータ群 $VG(p, q, r)$ における各ボクセルデータは、データ蓄積部3における処理が既

になされている。ボクセルデータ群 $VG(p, q, r)$ における各ボクセルデータの属性値により発生しうるバ

ターンは図9に示すよう $(a) \sim (w)$ の23パターンである。ただし、8個の隣接ボクセルデータの属性値を x, y, z それぞれの順番に n 度の整数倍だけ回

転させた時に一致するパターン群は同一に扱うものとし

て1パターンにまとめている。ボクセルデータ群 VG

(p, q, r) のパターンを求めるために図9に示した

23通りのパターンと照合を行なう。照合を行なう際に

ボクセルデータ群 $VG(p, q, r)$ の各ボクセルデータの属性値に回転処理を施してから後に処理を行なう。

照合が取れた図9のパターンをボクセルデータ群 VG

(p, q, r) の照合パターンとする。このような処理

を p, q, r それぞれについて $0 \dots 1-2$,

$0 \dots m-2, 0 \dots n-2$ としたボクセルデータ

群 $VG(p, q, r)$ に対して行なう。その後ボクセル

データ群 VG において以下のよう処理を行なう。こ

こで、ボクセルデータ群 $VG(p, q, r)$ に対して次

のようなデータを定義する。

【0017】 $V_{Sa} = (V0, V1, V2, V3)$

$V_{Sb} = (V4, V5, V6, V7)$

$V_{Sc} = (V0, V1, V4, V5)$

$V_{Sd} = (V2, V3, V6, V7)$

$V_{Se} = (V0, V2, V4, V6)$

$V_{Sf} = (V1, V3, V5, V7)$

これは図7に示した論理的六面体26の各面をボクセル

データ群 V_{Sa}, \dots, V_{Sf} で定義したものである。

ボクセルデータ群 VS における昌吉ボクセルデータの

属性値により発生しうるパターンは、図8に示すよう

$(a) \sim (f)$ の6パターンである。ボクセルデータ

群 V_{Sa}, \dots, V_{Sf} に対して図8の6パターンと照

合を行ない、照合が取れたパターンをボクセルデータ群

V_{Sa}, \dots, V_{Sf} の照合パターンとする。このよ

うな処理をすべてのボクセルデータ群 $VG(p, q,$

$r)$ に対して行なう。よって、セルパターン認識部4の

処理によりボクセルデータ群 VG とそれに付随するボク

セルデータ群 VS が生成され、それそれは照合パター

ンデータを保持する。

【0018】次にバッチ発生部5で行なう処理について

説明する。図10は、図9に示した各パターンに対応し

て生成する三角バッチ37を模式的に示したものであ

る。図10(a)に示すように図10(a)～(w)の

論理的六面体36の各頂点を $VP0, \dots, VP7$ で表す。以下に、生成する三角バッチTを各パターンに対して示す。

【0019】(a) …生成しない。

(b) …生成しない。

(c) …生成しない。

【0020】(d) …生成しない。

(e) …生成しない。

(f) …T(VP1, VP4, VP5), T(VP1, VP5, VP4)

(g) …T(VP0, VP4, VP7), T(VP0, VP7, VP4)

(h) …T(VP2, VP4, VP7), T(VP2, VP7, VP4)

(i) …T(VP0, VP1, VP5), T(VP0, VP5, VP1), T(VP0, VP4, VP5)

(j) …T(VP0, VP3, VP1), T(VP0, VP1, VP3), T(VP1, VP3, VP5)

(k) …T(VP0, VP2, VP5), T(VP0, VP5, VP2), T(VP2, VP5, VP7), T(VP2, VP7, VP5)

(l) …T(VP0, VP7, VP1), T(VP0, VP1, VP5), T(VP1, VP5, VP7), T(VP1, VP7, VP5)

(m) …T(VP1, VP5, VP4), T(VP1, VP2, VP5), T(VP2, VP4, VP5)

(n) …T(VP0, VP3, VP5), T(VP0, VP6, VP3), T(VP3, VP6, VP5)

(o) …T(VP1, VP4, VP3), T(VP1, VP3, VP6), T(VP3, VP4, VP5)

(p) …T(VP0, VP3, VP1), T(VP0, VP1, VP5), T(VP1, VP5, VP4), T(VP0, VP4, VP5)

(q) …T(VP0, VP3, VP1), T(VP0, VP1, VP5), T(VP0, VP5, VP6), T(VP1, VP3, VP6), T(VP3, VP6, VP5)

(r) …T(VP1, VP2, VP3), T(VP1, VP5, VP2), T(VP1, VP3, VP5), T(VP2, VP5, VP6), T(VP2, VP6, VP3), T(VP3, VP6, VP5)

9
 (s) ...T (VP0, VP3, VP1), T (VP0, VP1, VP5), T (VP0, VP7, VP3), T (VP0, VP5, VP4), T (VP0, VP4, VP7), T (VP1, VP3, VP5), T (VP3, VP7, VP5), T (VP4, VP5, VP7)

(t) ...T (VP0, VP3, VP1), T (VP0, VP1, VP5), T (VP0, VP6, VP3), T (VP0, VP5, VP6), T (VP1, VP3, VP5), T (VP3, VP6, VP5), T (VP3, VP7, VP5), T (VP4, VP5, VP7, VP6)

(u) ...T (VP0, VP3, VP1), T (VP0, VP1, VP4), T (VP0, VP6, VP3), T (VP0, VP4, VP6), T (VP1, VP3, VP7), T (VP1, VP7, VP4), T (VP3, VP6, VP7)

(v) ...T (VP0, VP3, VP1), T (VP0, VP1, VP5), T (VP0, VP2, VP3), T (VP0, VP4, VP2), T (VP0, VP5, VP4), T (VP1, VP3, VP5), T (VP2, VP7, VP3), T (VP2, VP4, VP7), T (VP3, VP7, VP5), T (VP4, VP5, VP7)

(w) ...T (VP0, VP3, VP1), T (VP0, VP1, VP5), T (VP0, VP2, VP3), T (VP0, VP4, VP2), T (VP0, VP5, VP4), T (VP1, VP3, VP5), T (VP2, VP7, VP3), T (VP2, VP6, VP7), T (VP3, VP7, VP5), T (VP4, VP5, VP7), T (VP4, VP7, VP6)

例えれば、三角バッチ (VP0, VP1, VP2) は、VP0, VP1, VP2 を頂点とする三角バッチを表している。また、VP0, VP1, VP2 の順番は、その三角バッチの向きを表している。

[0021] 上記のように論理的六面体 36において属性値が 1 のポクセルデータ 3 5 の数が 3 個以上の場合にのみ三角バッチ 3 7 を生成するようとする。三角バッチ 3 7 の発生のさせ方は論理的六面体 3 6 内においてできるだけ属性値が 1 のポクセルデータ 3 5 間で割り切った多面体を構成するように三角バッチ 3 7 を生成する。生成される三角バッチ 3 7 の各頂点は、セルパターン認識部 4において対応づけられたポクセルデータ群 VG の各ポクセルデータが持つ平均レンジデータが用いられる。このようにセルパターン認識部 4 で生成されたポクセルデータ群 VG の組合パターンに従って三角バッチ 3 7 が生成される。しかし、生成された割り切った多面体同士が顕化 K バッチを境界にして隣接する場合、境界の三角バッチは他の三角バッチにより隠れてしまう。図 11 はそのような状態になる場合の例を示している。図 11 では隣接する 2 個のポクセルデータ群 VG のパターンが (j) と

(1) の場合であり、隠蔽三角バッチ 4 3 により境界をなしている。以下、そのような三角バッチを削除する処理について説明する。上記に述べた隠れる三角バッチが発生するのは、互いに隣接しているポクセルデータ群 VG のパターンがそれぞれ。

(i), (l), (m), (o), (p), (q), (r), (s), (t), (u), (v), (w)

の内のいずれかの場合のみである。互いに隣接しているポクセルデータ群 VG のそれぞれのパターンがいずれも上記の 12 パターンの内であり、かつ、互いに隣接しているポクセルデータ群 VG の隣接面に存在するポクセルデータ群 VS のパターンが図 8 の (e) または (f) の場合においては、そのポクセルデータ群 VS のみで生成される三角バッチを削除する。ポクセルデータ群 VG に隣接するポクセルデータ群 VS のパターンは、既にセルパターン認識部 4 により認識処理が行なわれ照合パターンデータ群が図 8 のパターン (e) または (f) であるかを判定することは容易である。上記のような処理を行なうことにより、すべてのポクセルデータ群 VG から生成した三角バッチから他の複数の三角バッチにより完全に隠れてしまう三角バッチを取り除く。また、図 12 に示すように互いに隣接するポクセルデータ群 VG のそれぞれのパターンが (f) と (f) のような場合、それぞれのポクセルデータ群 VG により重複三角バッチ 4 8 を 2 個生成してしまうので、余分なデータが増えてしまう。このような状況は、隣接するポクセルデータ群 VG のそれぞれのパターンが (i) と (i) の場合にも発生する。このように余分な三角バッチを発生させる場合、一方のポクセルデータ群により発生させられた三角バッ

30 チを削除する。以上のよう、バッチ生成部 5 ではセルパターン認識部 4 で認識されたポクセルデータ群 VG, VS のパターンに基づき、該測定物体の表面形状を復元する三角バッチを生成する。

[0022] 形状データ 6 は、バッチ発生部 5 の処理により生成された該測定物体の表面形状を復元する三角バッチデータである。ここで三角バッチ発生部 5 の、不要な三角バッチの削除処理の他の例を説明する。

[0023] 論理的六面体において閉じた多面体を生成する本発明の性質上、バッチ発生部 5 が図 13 のよう

40 に、ある三角バッチの辺 7 0 に隣接して複数の三角バッチ 7 1 ~ 7 4 を生成せらるなど該測定物体上の表面において厚みのある面 (図 14 の被測定物体 5 3 上の表面を反映する表面 5 4 と冗長な内面である非表面 5 5) を生成してしまう。そこで、冗長な三角バッチを削除する処理をバッチ発生部 5 に加える。隣接するバッチ間の向きが同調するようにバッチ間を連結し、不適当なバッチは削除するものである。ここで、図 15 を用いて間の向きが同調している意味を説明する。三角バッチ tr[p], tr[q] は、vrtr[a] と vrtr[c] から成る line[s] を共有する。このとき tr[p], tr[q] は、隣接するという。また、

$\text{tr}[p]$, $\text{tr}[q]$ はそれぞれ向き ($\text{vtx}[a] \rightarrow \text{vtx}[b] \rightarrow \text{vtx}[c]$, $(\text{vtx}[a] \rightarrow \text{vtx}[c] \rightarrow \text{vtx}[d])$ を持つ。バッヂ間の向きが同調しているということは、隣接するバッヂの向きが共有する辺において互いに逆を向いていることを意味する。図 15 の場合には、共有する辺 $\text{lme}[s]$ において $\text{tr}[p]$, $\text{tr}[q]$ の向きはそれぞれ ($\text{vtx}[c] \rightarrow \text{vtx}[a]$), ($\text{vtx}[a] \rightarrow \text{vtx}[c]$) となり互いに逆方向を向いているので、 $\text{tr}[p]$, $\text{tr}[q]$ は向きが同調している。バッヂの向きはバッヂを構成する頂点の順番で表され、すなわちこれはバッヂの法線ベクトルの向きを決定するので、バッヂ間の法線ベクトルの向きを揃えることになる。また、1 個のバッヂに複数のバッヂが隣接する場合がある。再構成される形状中の三角バッヂの各辺に対して最大 1 個の三角バッヂが連結されるべきなので、複数個隣接する場合は適切なバッヂを 1 個選択、又は適切なバッヂが存在しないときは適切ないようになる。図 16 (a) は、 $\text{tr}[p]$ に $\text{tr}[q]$, $\text{tr}[r]$ の 2 個のバッヂが隣接する場合を示したもので、 $\text{tr}[q]$, $\text{tr}[r]$ は、 $\text{tr}[p]$ に対して向きが同調している。そこで、 $\text{tr}[q]$, $\text{tr}[r]$ のうちのいずれか 1 個のバッヂを $\text{tr}[p]$ に適応させる。図 16 (b) は、図 16 (a) を 1 次元的に示したものである。 $\text{tr}[p]$ と $\text{tr}[q]$, $\text{tr}[r]$ がなす角度をそれぞれ θ_q , θ_r とすると、 $\theta_q > \theta_r$ のとき $\text{tr}[r]$ を $\text{tr}[p]$ に連結する。

【0024】図 17 は、最終データを生成する処理のフローチャートを示している。処理の手順はまず、正しいと思われる初期バッヂを 1 個決め連結元バッヂとする(ステップ 201)。初期バッヂは、次の閾値 t を最大にするような三角バッヂ $\text{tr}[p]$ とする。ただし、 $\text{tr}[p]$ の 3 点を v_1 , v_2 , v_3 とする。

【0025】

【数 1】

$$\begin{aligned} f(\text{tr}[p]) = & -x_3 - y_3 + z_0 \\ & -x_2 - y_2 + z_1 \\ & -x_1 - y_3 + z_2 \\ (\mathbf{x}_0, \mathbf{y}_0, \mathbf{z}_0) & : v_0 \text{ の } 3 \text{ 次元座標値} \\ (\mathbf{x}_1, \mathbf{y}_1, \mathbf{z}_1) & : v_1 \text{ の } 3 \text{ 次元座標値} \\ (\mathbf{x}_2, \mathbf{y}_2, \mathbf{z}_2) & : v_2 \text{ の } 3 \text{ 次元座標値} \end{aligned}$$

閾値 t は、3 頂点の座標値が x , y 軸方向の座標値がであるだけに近く、 z 軸方向の座標値ができるだけ大きくなるような三角バッヂに対して大きな値をとる。これは、レンジファインダから取得できるだけ近くまた x y 平面上の原点にすなわち被測定物体の重心付近の領域にあるバッヂは観測距離におけるオクルージョンの影響を受けづらく、形状を再構成するにおいて信頼できるバッヂであるといふ考えに基づいている(ただし、荷物座標系を上記の考え方にてはまる様に設定する)。閾値 t を用いて求

めた連結元バッヂに隣接するバッヂのうち連結元バッヂと向きが同調するものが存在するとき上記で述べたように適切なバッヂを連結元バッヂに連結する(ステップ 202 ~ 205)。同調するバッヂが存在しないときは、バッヂは連結されない。この連結処理を連結元バッヂの 3 辺すべてに対して行なう(ステップ 206)。連結元バッヂの 3 辺に対して以上の処理が終ると、連結されていて連結処理が行なわれていない辺があるバッヂを連結元バッヂとする(ステップ 207)。そして、この連結 10 元バッヂの連結されていない辺に対して疎結合を行なう。このような処理を連結されていて疎結合が行なわれていない辺を持つバッヂが無くなるまで再帰的に繰り返す。よって、最終的にどのバッヂにも連結されなかっただバッヂは不適切なものとして削除される。

【0026】得られたレンジデータが被測定物体の表面全体をカバーしていれば、上記の処理を行なうことにより、表面形状を再構成する簡便な三角バッヂ群を生成できる。しかし、範囲が不十分のために得られたレンジデータが表面全体をカバーしきっていない場合には、正しい 20 三角バッヂ群を得ることができない。図 18 は、一連の処理の様子を 2 次元で表したものである。図 18 (a) は、被測定物体の表面 5.6 を複数で示したものである。図 18 (a) の被測定物体を複数方向から観測し、バッヂを生成したのが図 18 (b), (c) である。実線は表面バッヂ 5.7 を、破線は非表面バッヂ 5.8 を示している。未観測領域が生じないように観測が行なわれたとき、ポケセルデータ VG の照合パターンにより生成される三角バッヂ群は図 18 (b) のようになる。表面バッヂ 5.7 と非表面バッヂ 5.8 が分離しているので上記で述べた

30 20 ベタバッヂの連結処理により図 18 (d) のように物体の形状を再構成できる。図 18 (e) は、被測定物体の上部において未観測領域が生じた場合にポケセルデータ VG の照合パターンにより生成される三角バッヂ群を示している。このとき表面バッヂ 5.7 と非表面バッヂ 5.8 は隣接しているので、バッヂの連結処理を行なっても非表面バッヂを削除できず、最終的に生成される最終三角バッヂ 5.9 は図 18 (e) のように物体表面以外のバッヂ群も含んだものとなる。

【0027】そこで、物体表面以外のバッヂ群の連結を避けるために隣接する表面バッヂと非表面バッヂ間の接線を表面バッヂ境界線とすることにより、連結が非表面バッヂに及ばないようにする。表面バッヂ境界線の指定はポケセルデータ VG の照合パターンにより生成される三角バッヂ群を表示し、オペレータが表面バッヂ境界線と思われる三角バッヂの辺を表示画面上で指定することで生成される。表面バッヂ境界線は未観測領域と観測領域との間の境界を示すものなので、必ず閉じた閉分としなければならない。もし、指定が不十分で閉いた閉分だと表面バッヂ境界線が指定されていない隣接する表面バッヂと非表面バッヂが生じ、表面バッヂと非表面バッヂ

が連結されてしまう。したがって、表面バッヂ境界線が閉じた四角形となっている点を指定された境界線を追跡して判別し、作業が完了したか否かをオペレータに表示、または音声などで知らせる。このように指定された表面バッヂ境界線は、最終データの生成過程における隣接バッヂとの間隔チェックの際に進捗元バッヂのある辺が表面バッヂ境界線であるとき、その辺に対しては同調するバッヂは無いものとしてバッヂの連結は行わない。図19は、立方体を観測した際に未観測領域60が発生した場合を示している。立方体を観測したとき未観測領域60が図19(a)のように上部の面に生じた場合、図19(b)の太線で示した表面バッヂ境界線61を表面バッヂ62と非表面バッヂ群63の境界として指定する。このように指定を行なった三角バッヂ群に対して上記述べた連結処理を施すと図19(c)に示すように表面バッヂのみで構成される三角バッヂ群が生成される。以上、未観測領域が生じたときでも被測定物体の形状を復元できる。

[0028] なお、本発明は、以上説明した実験例に限定されるものではない。例えは、データ蓄積部3において、上述においてはボクセルデータV(i, j, k)に対応づけられた複数の内部レンジデータの座標値を単に平均して求められた座標値を平均レンジデータとしてボクセルデータV(i, j, k)に対応づけたが、被測定領域の重み付け平均値を平均レンジデータとしてボクセルデータV(i, j, k)に対応づけることも可能である。以下、その方法を説明する。データ入力部*

$$pe = wt(a) * pa + wt(b) * pb + wt(c) * pc$$

で与えられる。したがって、データ処理部3において、平均レンジデータの3次元座標値を昌原レンジデータに重み付けを行うことにより求める方法も本発明に含まれる。

[0031] また、上記で述べた実験例では、ボクセルデータへの対応づけを単に観測されたレンジデータがボクセルデータV(i, j, k)の内部に存在するか否かにより行なったが、この方法に課題があるものは無い。別の方法を以下に説明する。方向からのレンジデータを、その点列間の幾何的位置関係が既知になるよう位相測されたものとする。例えは、図20のように横方向にi=0, 1, 2…縦方向にj=0, 1, 2, …と並列的に被測定物体上の隣接点を観測するようとする。このときある観測方向θのレンジデータにおいて各点列間の幾何的位置関係は既知となり、図21のように三角バッヂを発生することができる。すなわち、(i, j)番目 (i+1, j)番目、(i+1, j+1)番目、(i, j+1)番目による観測された隣接する4個の点列から三角バッヂを発生させる。このように各方向について観測されたレンジデータから三角バッヂを発生させたデータをデータ入力部1に入力する。以上のように入力されたデータによるデータ蓄積部3における処理は、次の

*1) に入力される観測レンジデータをr0, r1, …とするとき観測レンジデータが観測された際のレンジファインダの観測位置とレンジデータとの距離をそれぞれ観測距離d0, d1, …とする。このような観測距離を保持する観測レンジデータをデータ入力部1に入力する。この時、データ蓄積部3においてボクセルデータV(i, j, k)に内部レンジデータra, rb, rcが対応づけられたとする。また、内部レンジデータra, rb, rcの3次元座標値をそれぞれpa, pb, pcとし、観測距離はそれぞれda, db, dcである。昌内部レンジデータの重みづけ値をそれぞれwt(a), wt(b), wt(c)とし、それぞれを次のように定義する。

[0029]

[数2]

$$\begin{aligned} wt(a) &= dc / (da + db + dc), \\ wt(b) &= db / (da + db + dc), \\ wt(c) &= da / (da + db + dc) \end{aligned}$$

ただし、da > db > dcとする。よって、観測距離が小さい値であるほど観測レンジデータの信頼性が高いものとして、観測距離が小さい値であると内部レンジデータほど大きな重み付けを行なう。平均レンジデータの3次元座標値peは、

[0030]

[数3]

させた三角バッヂとボクセルデータの空間的交差を調べ、ある三角バッヂがボクセルデータV(i, j, k)と交差していると判断されるとボクセルデータV(i, j, k)にその三角バッヂを対応付ける。対応づけが行なわれたボクセルデータV(i, j, k)は、平均レンジデータとしてボクセルデータV(i, j, k)の六面体の8頂点の重心点が対応づけられる。このようにボクセルデータへの対応づけを三角バッヂで行なうことによりレンジデータがボクセルの解像度より低い場合でも穴の生じない形状データを生成することができ、その利便性が一層向上する。

[0032]

[発明の効果] 本発明によれば、被測定物体を観測して得られた3次元座標値を、幾何的位置関係が既知である各ボクセルデータに対応付けることにより、被測定物体の表面の形状データを作成できる。従つて從来では必要とされていた3次元座標値の測定順序の制約を取り除くことができると共に、複雑な形状の物体に対しても高精度に表面の形状データを得ることができる。更にボクセルデータの大きさを任意に変えることにより、観測した3次元座標値を忠実に反映した高解像度形状データから

データ収集の少ない低解像度形状データまで所望の精度の形状データを作成できる。

【図1】 本発明の実施例の概略構成図。

【図2】 本発明の実施例の処理フローチャート。

【図3】 本発明の実施例の処理フローチャート。

【図4】 本発明の実施例によるデータ入力部の処理内容を説明した図。

【図5】 本発明の実施例によるセル発生部の処理内容を説明した図。

【図6】 本発明の実施例によるデータ蓄積部の処理内容を説明した図。

【図7】 割接ボクセルデータを説明した図。

【図8】 割接ボクセルデータ群VSの各ボクセルデータの属性値によるパターンを示す図。

【図9】 割接ボクセルデータ群VGの各ボクセルデータの属性値によるパターンを示す図。

【図10】 図9の各パターンに対応して発生させる三角パッチを示す図。

【図11】 他の三角パッチにより隠れる三角パッチが発生する状態を示す図。

【図12】 重複三角パッチが発生する状態を示す図。

【図13】 重複の三角パッチが隠す状況を示す図。

【図14】 庫みのある面の生成例を示す図。

【図15】 三角パッチ間の向きに関する同調性を示す図。

【図16】 三角パッチ間の連結処理を説明した図。

【図17】 三角パッチに対する連結処理のフローチャート。

【図18】 未隠側領域が生じたときのパッチ発生を説明した図。

【図19】 未隠側領域が生じた場合に連結処理を行な＊

*ったときのパッチ発生例を示す図。

【図20】 素的に測定された3次元座標値を示す図。

【図21】 図20の3次元座標値から三角パッチを発生した状態を示す図。

【図22】 従来の形状復元方法を示す図。

【符号の説明】

1…データ入力部

2…セル発生部

3…データ蓄積部

4…セルバターン認識部

5…パッチ発生部

6…形状データ

7、14、15、20…観測レンジデータ

8、18、19、23、24、25…ボクセルデータ

9…三角パッチデータ

10、11、12、49…レンジファインダ

13、50、53…被測定物体

16…観測レンジデータ包含空間

20、17…観測レンジデータ包含空間頂点

21…内部レンジデータ

22…平均レンジデータ

26、33、36、40、41、46、47…論理的六面体

28、31、34、38、44…属性値0のボクセルデータ

29、32、35、39、45…属性値1のボクセルデータ

30…論理的四角形

37、42…三角パッチ

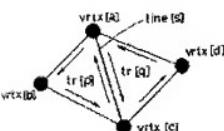
43…隠蔽三角パッチ

48…重複三角パッチ

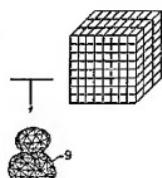
【図1】



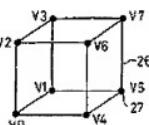
【図15】



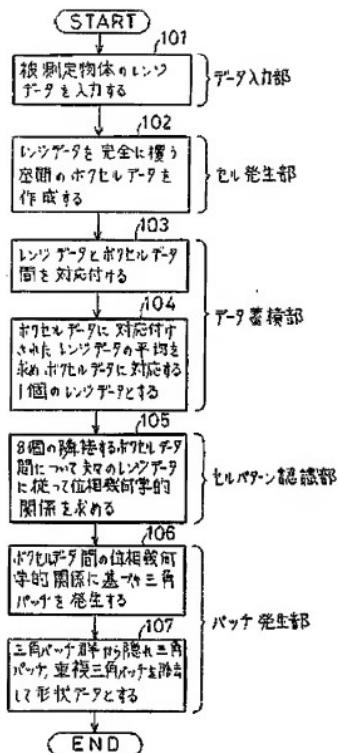
【図2】



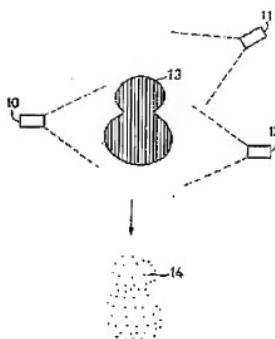
【図7】



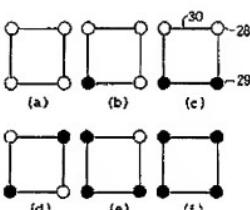
【図3】



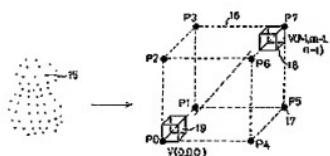
【図4】



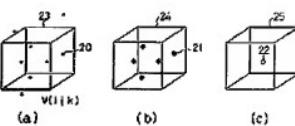
【図8】



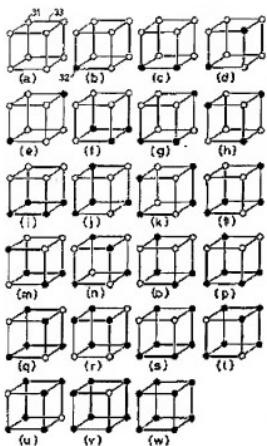
【図5】



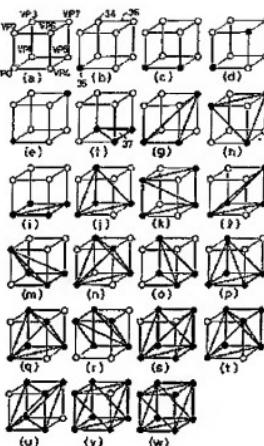
【図6】



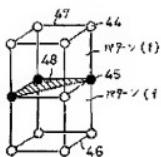
[图9]



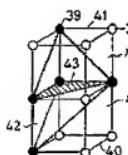
[图10]



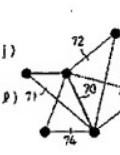
[図12]



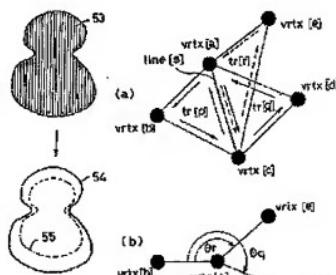
[圖 11]



[图13]



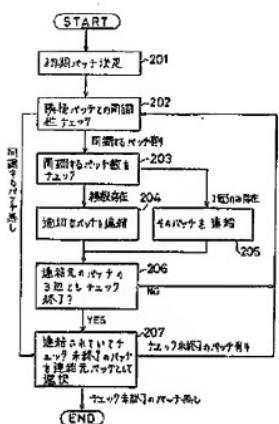
[図 1-4]



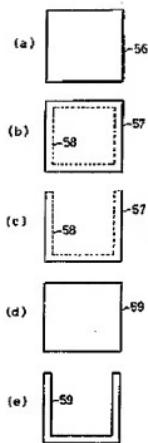
[圖3-01]

j=2	●	●	●
j=1	●	●	●
j=0	●	●	●
	i=0	i=1	i=2

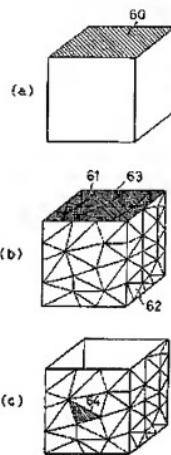
【図17】



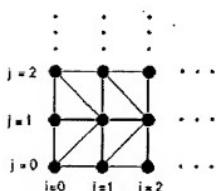
【図18】



【図19】



【図21】



【図22】

